8

XX.

Ueber die Beziehungen des Blutes zum erregten Sauerstoff.

Von Dr. W. His in Basel.

Zu Anfang des vergangenen Sommers machte Prof. Schönbein die Entdeckung, dafs das wässerige Fleischextract mit einer Anzahl anderer, theils organischer, theils unorganischer Substanzen die Eigenschaft theilt, bei Anwesenheit eines Ozonträgers frische Guajaktinctur zu bläuen, resp. ein Uebertritt des erregten Sauerstoffes von ersterem Körper auf letzteren zu vermitteln *). Zu den Substanzen, welche genannte

*) Da Hr. Schönbein ausser den Aufsätzen in den „Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel" und in „Liebig und Wöhlers Annalen" noch neulich in einem verbreiteten medicinischen Journal eine Darlegung der Lehre von den verschiedenen Modificationen des Sauerstoffs gegeben hat (Archiv von Vierordt, 1856, 1.), so glaube ich in dieser Hinsicht weiterer Erörterungen mich entheben zu können; ich bemerke blos, dass wenn in vorliegendem Aufsatz von Ozonträgern die Rede ist, darunter vorzugsweise folgende 3 Substanzen verstanden sind:

1) Das Thenard'sche Wasserstoffsuperoxyd,

2) das ozonisirte Terpentinöl (erhalten durch Einwirkung von Luft und Licht auf gewöhnliches frisches Terpentinöl),

3) ein in Wasser lösliches Product der langsamen Aetherverbrennung (nach Schönbein's Untersuchungen wahrscheinlich ölbildendes Gas + Ozon), welches man dadurch erzeugt, dass man in eine Flasche, deren Boden mit Wasser und mit einigen Tropfen Aether bedeckt ist, einen erwärmten Platindrath zu wiederholten Malen einführt; durch Schütteln wird das erzeugte

Reaction ebenfalls einleiten, gehören besonders das fein zertheilte Platin, die schwefelige Säure und von vegetabilischen Substanzen vor Allem der Kleber. Weitere mit Bezug auf die Fleischflüssigkeit angestellte Nachforschungen haben gezeigt, dafs von den in ihr enthaltenen Extractivkörpern einer, nämlich das Kreatinin, die fragliche Eigenschaft ebenfalls besitzt, aber in so geringem Grade, dafs dies zur Wirkung der Gesammtflüssigkeit in keinen Betracht kommt, dafs aber ein Tropfen Blut von der allerintensivsten Wirkung auf das Gemisch der Guajaktinctur mit dem Ozonträger ist. — Von den Bestandtheilen des Blutes sind es wiederum nur die Blutkörperchen, welche eine starke Bläuung hervorzurufen vermögen, während das reine Serum gar nicht, der ausgewaschene Faserstoff nur in sehr geringem Grade wirkt. — Mit diesen Thatsachen, die so nahe den alten Ansichten über die enge Beziehung zwischen Blutkörperchen und Sauerstoff sich anschliefsen, schien ein Weg gebahnt, um eingänglichere Gesichtspunkte über die Oxydationsvorgänge des thierischen Organismus zu gewinnen, besonders wenn man sie mit dem im vergangenen Jahre von Herrn Schönbein entdeckten Vorhandensein von Sauerstofferregern in der organischen Natur zusammenhielt. — Ich habe, um in dieser Richtung die nöthigen Vorarbeiten zu liefern, einige Untersuchungen angestellt, deren Resultate ich im Nachfolgenden mitzutheilen mir erlaube. Das Resultat ist zwar nicht das *a priori* gehoffte und erwartete; es ist weder gelungen, unter den der Untersuchung unterworfenen thierischen Substanzen einen directen Sauerstofferreger aufzufinden, noch selbst einen Körper, der den einmal erregten Sauerstoff aufzunehmen und unter geeigneten Umständen wieder abzugeben vermöchte. Dagegen haben sich einige andere bemerkenswerthe Punkte herausgestellt, die uns theilweise erklären, weshalb die bisherigen Versuche, im Blut einen Sauerstofferreger aufzufinden,

Product im Wasser gelöst und damit fortgefahren, bis Jodkalikleisterpapier von der Flüssigkeit stark gebläut wird. — Die auf sämmtliche diese Dinge bezügliche Abhandlung des Herrn Schönbein ist der Münchener Akademie übersendet worden und wird in deren Verhandlungen nachgesehen werden können.

von negativem Erfolg begleitet waren und deren Interesse wohl bei weitergediehener Kenntnifs von der Materie sich wesentlich steigern dürfte.

Die Versuche, die ich angestellt habe, um zu erfahren, inwiefern im Blut eine den Sauerstoff erregende Materie vorhanden sei, sind folgende:

es wurde frisches mit Luft geschütteltes Blut mit etwas Guajaktinctur übergossen, letztere bläute sich auch dann nicht, wenn während längerer Zeit ein Luftstrom durch das Gemisch hindurchgeleitet wurde;

frisches Blut wurde in offener Schaale unter eine kleine Glasglocke gebracht, an deren Spitze ein Ozonpapier aufgehängt war; man konnte das Blut bis zur beginnenden Fäulnifs stehen lassen, ohne dafs das Ozonpapier im geringsten sich gebläut hätte;

durch ein gröfseres Quantum frischen defibrinirten Blutes wurde mittelst des Aspirators Stunden, ja Tagelang Luft hindurchgeleitet; das dem austretenden Luftstrom ausgesetzte Ozonpapier zeigte nicht die geringste Veränderung;

desgleichen vermochte ich nicht eine Ozonerzeugung nachzuweisen, wenn ich das mit Sauerstoff geschüttelte Blut in eine Wasserstoffatmosphäre brachte;

wurde ein Tropfen Blutes neben einem Jodkaliumkrystall auf einen dicken Stärkekleister gebracht, so nahm letzterer auch nach tagelangem Beisammensein keine blaue Färbung an.

Frisches Lungengewebe, welchem man, nächst dem Blute selbst, wohl am ehesten eine erregende Wirkung auf den atmosphärischen Sauerstoff zuzuschreiben geneigt wäre, gab bei allen Versuchen gleich negative Resultate, mochte man es für sich, in Wasser suspendirt, oder mit Blut gemischt anwenden.

Hienach schien es von einigem Belang, eine Anzahl der hauptsächlichsten thierischen Substanzen, sowohl einfache, als zusammengesetzte, auf ihr Vermögen zu untersuchen, die Guajaktinctur bei Anwesenheit eines Ozonträgers zu bläuen. Das Hauptergebnifs auch dieser Untersuchung ist wiederum ein mehr negatives gewesen, insofern als zwar eine Anzahl von

Substanzen sich gefunden hat, die in höherem oder geringerem Grade das bewufste Vermögen besitzen, eine nähere chemische oder selbst physiologische Zusammengehörigkeit derselben aber bis dahin nicht erkennbar ist. Die unzweifelhaft prägnanteste Thatsache hievon ist die, dafs unter sämmtlichen untersuchten thierischen Materien keine vorkommt, die in ihrer Wirkungsweise auch nur entfernt derjenigen der Blutkörperchen beikäme. — Da es der Inhalt der Blutkörperchen ist, welcher das wirksame Princip enthält, so ist es, wenn man eine rasche und intensive Bläuung der Guajaktinctur erreichen will, nothwendig, denselben durch Wasser oder auf irgend einem anderen Wege frei zu machen; unversehrte Blutkörperchen wirken merklich langsamer, wenn auch gleich intensiv, wie eine stark verdünnte wässerige Lösung ihres Inhaltes. Zwischen der Wirkungsweise arteriellen und venösen Blutes scheint kein Unterschied stattzufinden; behandelt man von zwei getrennten Blutmengen die eine mit reinem Sauerstoff, die andere mit Kohlensäure, so zeigt sich auch bei möglichst gleichzeitiger Anstellung des Versuches eine Differenz weder in der Schnelligkeit, noch in der Intensität, womit die beiden Blutsorten das Guajak bläuen. — Dafs von dem Blutkörpercheninhalt es wiederum der Eiweifskörper sei, dem die Hauptwirkung bei der Reaction zugeschrieben werden müsse, das ist *a priori* zu erwarten, und wirklich zeigte sich, dafs wenn eine wässerige Blutkörperchenlösung zum Kochen erhitzt und mittelst eines Tropfen Essigsäure völlig coagulirt wird, das Coagulum, nachdem es mit destillirtem Wasser sorgfältig ausgewaschen worden ist, noch eine stark und rasch bläuende Wirkung auf die mit dem Ozonträger vermischte Guajaktinctur auszuüben vermag; bemerkenswerth erscheint indefs, dafs auch das klare und völlig farblose Filtrat noch ein schwaches Bläuungsvermögen für das Gemisch besitzt; ja es ist selbst dies Vermögen in einem nicht ganz unbedeutenden Grade dem Extracte eigen, das mittelst absoluten Alkohols aus trockenen Blutkörperchen gewonnen wurde, welches Extract natürlich vollständige Farblosigkeit besitzt. Diese Thatsachen scheinen darauf hinzuweisen, dafs aufser dem

Eiweifskörper in den Blutzellen noch eine andere Substanz enthalten sei, welche einen Einflufs auf den Sauerstoff des Ozonträgers auszuüben vermag.

Was nun die sonstigen Flüssigkeiten des thierischen Körpers betrifft, so ist es besonders die Galle, die ein nicht ganz geringes Bläuungsvermögen für die mit dem Ozonträger gemischte Guajaktinctur besitzt, auch der Speichel wirkt etwas weniges, was, wie Herr Schönbein hervorhebt, von seinem Gehalt an Schwefelcyankalium herzurühren scheint. Chylus, dem *Pancreas Aselli* einer verdauenden Katze entnommen, bläut nur in äufserst geringem Grade, frischer Harn gar nicht; ebenso sind die Augenflüssigkeiten, *Humor aqueus* und *vitreus*, ohne alle Wirkung. Frische Milch, ebenso wie das aus ihr präcipitirte Casein vermag die Guajaktinctur dann zu bläuen, wenn sie mit dem ozonisirten Aetherproducte gemischt ist, wogegen mit Terpentinöl die Reaction kaum gelingt; die Reaction ist auch in ersterem Falle eine sehr schwache, der Unterschied in den beiden Fällen erklärt sich daraus, dafs das Aetherproduct noch viel leichter, denn das Terpentinöl, geneigt ist, seinen erregten Sauerstoff an andere Substanzen abzugeben und somit als empfindlicheres Reagens betrachtet werden mufs. — Hühnereiweifs entbehrt, wie das Blutserum, des Bläuungsvermögens.

Von gefäfslosen Geweben hat die Epidermis ein schwach bläuendes Vermögen; ein ziemlich bedeutendes besitzt auch das der Hornhaut entnommene Epithel, wofern es zuvor mit etwas Essigsäure digerirt wurde; für sich allein wirkt es nicht. Sehr bemerkenswerth erscheint es, dafs der Proteinkörper der Linse, der früherhin mit dem der Blutkörperchen identificirt zu werden pflegte, ohne allen Einflufs ist.

Dafs die gefäfshaltigen Gewebe in Bezug auf diese Reaction keine allzu sicheren Resultate geben können, leuchtet ein; indefs zeigen sich doch, nachdem man die verschiedenen Gewebe von ihrem Blut möglichst befreit hat, gewisse nicht zu verkennende Unterschiede in deren Verhalten zu der mit Ozonträgern gemischten Guajaktinctur; denn während allerdings das Lebergewebe rasch und intensiv, das Gewebe der Milz und

Thyreoidea weniger rasch, aber immer noch intensiv bläuen, so thut dies bereits das Lungengewebe in viel geringerem Grade; die Wirkung von Magenschleimhaut, von Pankreas und von centraler Nervenmasse ist höchst unbedeutend, die von Fett und Bindegewebe beinahe Null. Von den untersuchten isolirbaren Substraten des Thierkörpers zeigten sich reiner Hausenleim, Augenpigment, Harnfarbstoff, Glykocholsäure, Cholalsäure, Kreatin, Glycin und Leucin ohne alle Wirkung; Harnsäure, Harnstoff, Hippur- und Benzoesäure, Cholestearin und Gallenfarbstoff hatten ein schwaches, nur beim Erwärmen hervortretendes Bläuungsvermögen, Milch- und Krümelzucker dagegen, sowie Taurin, wirkten auch in der Kälte etwas weniges.

Gehen wir, nachdem wir diese vorläufigen Daten gesammelt haben, auf die Natur der fraglichen Reaction etwas näher ein, so sind zunächst zwei Möglichkeiten gegeben: 1) man nimmt an, die Blutkörperchen und sonstigen wirksamen organischen Substanzen bestimmen, durch ihre verwandtschaftliche Anziehung zum erregten Sauerstoff, dessen Austritt aus dem Ozonträger, bei welchem Uebertritt er einen Antheil an die im Gemisch vorhandene Guajaktinctur giebt. Dieser Annahme zufolge wäre es möglich, aus der Intensität, mit der organische Substanzen die fragliche Reaction einleiten, eine Art von Oxydabilitätsscala derselben zusammenzustellen, die Wirkungsweise nicht oxydabler Materien aus der unorganischen Natur, wie die des Platins, blieben als eine für sich bestehende Contactwirkung von derjenigen organischer Körper unterschieden. — 2) Man adoptirt die Ansicht, die Hr. Schönbein gleich bei der ersten Entdeckung dieser Reaction über das Wesen derselben aufgestellt hat; nach ihm wirken nämlich sämmtliche diese Substanzen dadurch, dafs sie die Thätigkeit des im Ozonträger bereits erregt vorhandenen Sauerstoffs noch mehr steigern, wodurch derselbe erst zum Austritt und Uebergang an die Guajaktinctur bewogen wird. Es ist Herrn Schönbein gelungen, durch einen fundamentalen Versuch mittelst Platins am Sauerstoff ein solches stufenweises Steigern des Erregungszustandes nachzuweisen; schüttelt man nämlich eine kleine Menge von

Platinmohr mit Guajaktinctur unter Zutritt von Luft, so wird die Tinctur gebläut; der Platinmohr versetzt den Sauerstoff der atmosphärischen Luft in erregten Zustand und dieser tritt an das Guajakharz; wird nun aber zu dieser gebläuten Tinctur ein beträchtlicher Ueberschufs von dem fein zertheilten Platin gebracht und abermals geschüttelt, so tritt eine Entbläuung ein und zwar beruht diese auf einer raschen Oxydation des Guajakharzes, die sich dadurch kund giebt, dafs, bei richtig angewendetem Verhältnifs, die Tinctur das Vermögen fernerhin irgendwie gebläut zu werden völlig verloren hat. Bevor eine Discussion über das gegenseitige Verhältnifs von Blut, Guajaktinctur und Ozonträger eingeleitet werden kann, ist es nöthig, einige Versuche mitzutheilen, welche geeignet sind, Licht hierüber zu verbreiten. Mischt man die verschiedenen Flüssigkeiten in der Weise, dafs man erst einen Tropfen Blutkörperlösung mit dem Ozonträger zusammenbringt und nachträglich die Guajaktinctur hinzusetzt, so erfährt diese keine Bläuung; sie färbt sich aber alsbald, wenn man noch einige Tropfen des Ozonträgers nachgiefst. In diesem Falle hat das Blut sämmtlichen erregten Sauerstoff des Ozonträgers für sich in Beschlag genommen, bevor die Guajaktinctur hinzukam, daher diese erst dann gebläut werden konnte, als neue Quantitäten von letzterem hinzutraten. Bei diesem Ansichreifsen des Ozons erfährt das Blut tiefergehende Veränderungen, auf die ich bald eines Näheren eingehen werde, ich erwähne hier blofs, dafs eine dieser Veränderungen darin besteht, dafs es allmälig seinen Einflufs auf das Gemisch der Guajaktinctur mit Ozonträgern verliert. Bringt man eine genügende Menge von ozonisirtem Terpentinöl oder einen anderen Ozonträger mit einem kleinen Quantum von Blutkörperlösung zusammen, so kann man es durch gehöriges Balanciren dahin bringen, dafs sowohl das eine, wie das andere der beiden Agentien ihre eigenthümliche Wirksamkeit verlieren und dafs dann weder durch alleinigen Zusatz von frischem Ozonträger, noch durch solchen von frischer Blutlösung das Gemisch fähig wird, die Guajaktinctur zu bläuen. —

Der ersterwähnte Versuch, welcher uns das grofse Anziehungsvermögen des Blutkörperinhaltes für den erregten Sauerstoff zeigt, läfst sich selbst mit viel weniger kräftig wirkenden organischen Substanzen anstellen; so gelingt die Desozonisirung der Ozonträger vermittelst einer Lösung von Krümel- oder Milchzucker, sie gelingt durch frischen Faserstoff, durch Blutserum, ja sogar das Hühnereiweifs vermag, wenn es mit einem Ozonträger gelinde erwärmt wird, ihm nach und nach seinen erregten Sauerstoff zu entziehen. Diese Thatsachen scheinen nun wirklich dafür zu sprechen, dafs wohl das verwandtschaftliche Verhältnifs der betreffenden Körper zum Ozon die Hauptrolle bei der Guajakbläuung spielen möge und allerdings ist dies ein Moment, das gewifs sehr hoch angeschlagen werden mufs; daneben zeigen aber die folgenden Versuche schlagend, dafs auch die organischen Substanzen, *in specie* das Blut, dem Platin ganz analog, wesentlich dadurch wirken, dafs sie eine Thätigkeitssteigerung in dem dem Ozonträger verbundenen erregten Sauerstoff hervorrufen. Wird nämlich zu einer mit einem Ozonträger vermischten und durch einen Tropfen Blutkörperlösung tief gebläuten Guajaktinctur ein Ueberschufs von Blut gesetzt, so entbläut sich die Guajaktinctur augenblicklich unter Bildung eines graubräunlichen Coagulums; sie zeigt, vom Coagulum abfiltrirt, nur noch eine leicht röthliche von aufgelöstem Blutfarbstoff herrührende Färbung. Bringt man zu einer Portion dieses Filtrates ozonisirtes Terpentinöl, so erfolgt keine Bläuung, diese tritt erst auf, wenn man aufserdem auch noch frische Guajaktinctur zusetzt. Hienach hat einerseits das Guajakharz seine Bläuungsfähigkeit verloren, während andererseits die Flüssigkeit noch eine genügende Menge wirksamen Blutkörpercheninhaltes enthält. Natürlich ist auch der Ozonträger, selbst dann, wenn man eine gröfsere Menge derselben zugesetzt hat, völlig desozonisirt und setzt man einer anderen Portion desselben Filtrates ein Quantum frischer Guajaktinctur zu, sei es allein, oder mit einem Tropfen Blutkörperlösung, so erfährt sie keine Bläuung; eine Bläuung läfst sich nur durch nachträglichen Zusatz des Ozonträgers erzielen. — Wie man

sieht, so reiht sich das Experiment aufs Allerunmittelbarste dem Platinversuch des Herrn Schönbein an; wie dort im Platinmohr, so haben wir hier im Blute eine Substanz vor uns, die im Stande ist, den in der gebläuten Guajaktinctur vorhandenen Sauerstoff in seiner chemischen Erregung zu steigern und zu einer raschen Oxydation des Harzes zu veranlassen. (Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, dafs man bei Anstellung des Versuches durch gehörigen Alkoholüberschufs sich zu versichern hat, dafs nicht etwa das Guajakharz einfach durch das Wasser des Blutes ausgefällt worden ist.)

Ich kehre nun zu den Veränderungen zurück, welche das Blut durch den Einflufs freien oder gebundenen Ozons erfährt, es sind dieselben so bedeutend, dafs sie eine eingehendere Betrachtung verlangen:

Behandelt man ein durch Schütteln mit Luft hellroth gemachtes Blut mit dem ozonisirten Aetherproducte, so nimmt es rasch eine dunkle Farbe an, die bei weiterer Einwirkung völlig ins Schwarze übergeht. (Um nicht durch beizufügendes Wasser die Verdünnung zu weit zu treiben, kann man das Aetherproduct unmittelbar in dem Gefäfse selbst erzeugen, das das Blut enthält; Parallelversuche zeigen leicht, dafs die zu schildernden Veränderungen des Blutes nicht auf Rechnung des Aethers kommen.) Hat das Blut durch die Einwirkung des besagten Agens ein Maximum von Dunkelheit erreicht, so bewirken weitere Mengen desselben wieder eine Farbenaufhellung, es wird zunächst chocoladefarben und wenn man es in diesem Stadium mit Wasser verdünnt, zeigt sich eine röthlichbraune, mifsfarbige, trübe Flüssigkeit, die beim Stehen Flocken absetzt; weiterhin wird auch das unverdünnte Blut heller von Farbe und wird, indem es graubraune Flocken absetzt, durchsichtig. Fortgesetzte Einwirkung des oxydirenden Agens ruft nach und nach eine völlige Entfärbung der Flüssigkeit und eine beinahe vollständige der Gerinnsel hervor, welch letztere zugleich auch an Menge abnehmen; untersucht man dieselben unter dem Mikroskop, so findet man, dafs sie aus einer feinkörnigen Masse

zusammengesetzt sind, worin von Blutkörperchen keine Spur mehr entdeckt wird.

Schüttelt man hellrothes Blut mit reinem, nicht ozonisirtem Terpentinöl, so bleibt es hellroth und eine tiefere Veränderung in seiner Constitution ist auch nach mehreren Tagen nicht wahrnehmbar; behandelt man es aber statt mit dem reinen, mit ozonisirtem Terpentinöl, so wird es bald schwarzbraun, hellt sich bei weiterer Einwirkung ebenfalls auf, wird mifsfarbig, mit flockigen Coagulis untermischt, die mit wachsender Entfärbung zu-, später abnehmen und wenn man eine kleine Menge Blutes mit einem starken Ueberschufs von ozonisirtem Terpentinöl lange genug schüttelt, so verschwindet dasselbe völlig und hinterläfst als einzige Spur kleine Mengen einer grauen, flockigen Masse. Weder dieses, noch das durch Aetherbehandlung gewonnene Residuum vermag mehr ein Gemisch von Guajaktinctur mit einem Ozonträger zu bläuen.

In absolut gleicher Weise wie das Gesammtblut, verhält sich gegen die beiden genannten Ozonträger auch eine wässerige Blutkörperchenlösung; wird aber blofses Blutserum mit einem Ueberschufs von ozonisirtem Aetherproduct oder Terpentinöl behandelt, so entfärbt es sich gleichfalls, es fällt eine kleine Menge eines flockigen Coagulums aus, das in kaltem und warmem Wasser unlöslich, in Alkalien dagegen leicht löslich ist; weiterhin erfährt das Serum keine Veränderung, man vermag nicht durch die Einwirkung des Ozonträgers das Eiweifs vollständig oder selbst nur in gröfserer Menge daraus niederzuschlagen. Dasselbe Resultat, wie das Serum, ergiebt das Hühnereiweifs, auch dieses wird durch Behandlung mit ozonisirtem Terpentinöl oder dem Aetherproducte getrübt und setzt eine kleine Menge von coagulirter Substanz ab.

Wasserstoffsuperoxyd, unter geeigneten Bedingungen mit Blut oder mit dessen Bestandtheilen zusammengebracht, giebt entsprechende Resultate, wie die beiden anderen Ozonträger; bei gewissen Umständen aber, die ich aus Mangel an Material noch nicht näher eruirt habe, wird es durch das Blut in der

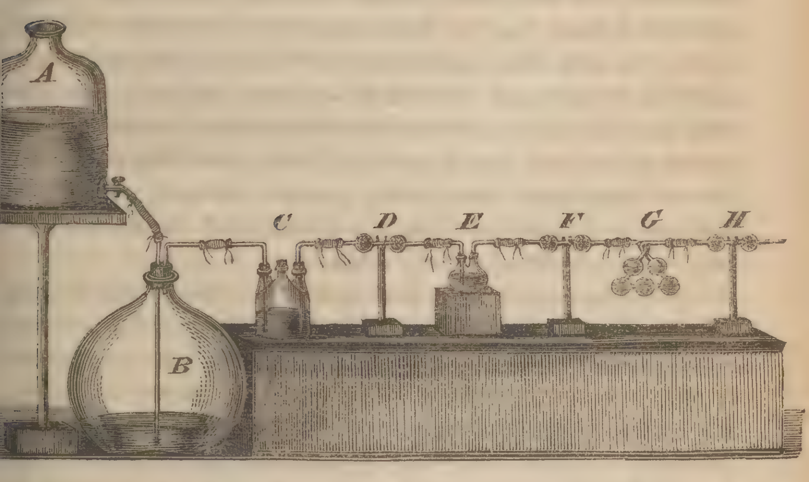
Weise zersetzt, dafs der Sauerstoff in nicht ozonisirtem Zustande gasförmig entweicht.

Am reinsten und zugleich am interessantesten zeigte sich das gegenseitige Verhältnifs von Blut und Ozon, wenn man letzteres in freiem Zustande auf ersteres einwirken läfst. Bringt man einige Unzen frischen defibrinirten Blutes in einen gröfseren circa 20 Maafs haltenden Ballon, dessen Luft durch Phosphor stark ozonisirt und der durch gehöriges Auswaschen von der gebildeten phosphorigten Säure völlig befreit worden ist, so zeigt sich, dafs binnen wenigen Augenblicken sämmtliches Ozon aus dem Ballon verschwindet. Ist das Blut zuvor hellroth gewesen, so hat es nach der Ozoneinwirkung eine dunklere Farbe angenommen. Die Blutkörperchen, die nach einer solchen erstmaligen Behandlung noch vorhanden sind, pflegen schon bei einer zweit- und drittmaligen Wiederholung der Operation zu verschwinden, an ihrer Stelle findet man in der Flüssigkeit nur eine Anzahl sehr feinkörniger Molecüle. Mehr und mehr nimmt das Blut eine dunkel-schwarzrothe Färbung an, während der Schaum einen Stich ins Bräunliche zeigt. Beim 4ten bis 5ten Ballon absorbirt das Blut den Ozongehalt der Luft immer noch sehr rasch, nimmt aber bereits eine braune Farbe an und der Schaum erscheint durch kleine Molecüle getrübt; bei Anwesenheit eines Ozonträgers vermag die Flüssigkeit noch Guajaktinctur zu bläuen. Bei den folgenden Ballons zeigt sich aber das Verhalten schon darin wesentlich anders, als das Blut zur Ozonabsorption mehr Zeit braucht, erst dauerte es Bruchtheile von Stunden, dann solche von Tagen und zuletzt bedarf es wohl mehrerer Tage, um einen Ballon ozonleer zu machen. — Die Veränderungen, die das Blut dabei erfährt, sind allerdings der Art, dafs man sie kaum bedeutender erwarten darf. Indem zunächst die Farbe aus dem Dunkelbraunen ins Hellgraubraune übergeht, trübt sich die Flüssigkeit mehr und mehr; beim Stehen setzen sich die Trübungen flockig zu Boden, die Flüssigkeit wird völlig klar, wenn gleich noch schwach braun gefärbt; weiterhin schwindet aber auch diese Färbung; die geschüttelte Flüssigkeit wird grau, beim Absetzen der Coagula

völlig wasserklar und zuletzt nimmt der Bodensatz selbst, der bei der fortgesetzten Ozonbehandlung fortwährend sich mindert, eine ganz weiſse Farbe an. — Nicht minder auffallend, als die physikalischen, sind die chemischen Umwandlungen, die das Blut bei dieser Behandlung erlitten hat. Untersucht man nämlich die zuletzt erhaltene klare, vom Bodensatz getrennte Flüssigkeit durch Kochen, durch Salpetersäure, durch Essigsäure und Ferrocyankalium auf ihren Gehalt an Eiweiſskörpern, so erhält man ein völlig negatives Resultat. Verdampft man einen Antheil davon auf dem Platinspatel, so bleibt ein minimer Gehalt an fester resp. organischer Materie, welche beim Verbrennen ammoniakalische Dünste entwickelt. — Was den weiſsen Bodensatz betrifft, so ist derselbe in Alkalien, nicht aber in Säuren leicht löslich; wird die alkalische Lösung zum Sieden erhitzt und vorsichtig neutralisirt, so trübt sie sich; löst man diese Trübung in einem Ueberschuſs von Essigsäure und setzt Ferrocyankalium zu, so bekommt man eine weiſsliche Fällung. Hienach besteht der fragliche Bodensatz aus einem coagulirten Eiweiſskörper; es ist aber schon bei einer oberflächlichen Betrachtung klar, daſs die geringe Menge desselben nur einem kleinen Bruchtheil der im frischen Blute vorhanden gewesenen Eiweiſskörper entsprechen kann. Stellen wir uns die Frage, was aus dem Rest derselben geworden sei, so ist bei dem geringen Gehalt der Gesammtflüssigkeit an organischen Bestandtheilen im Grunde nur die eine Möglichkeit gegeben, daſs die Substanzen unter Bildung flüchtiger Endprodukte verbrannt seien. Die völlige Geruchlosigkeit des gesammten Vorganges führt fernerhin zu der Annahme, daſs diese entweichenden Endprodukte geradezu Wasser und Kohlensäure seien. Es bleibt eingänglicheren Untersuchungen vorbehalten, zu zeigen, ob der Stickstoff ebenfalls in flüchtiger Form davon geht, oder ob er in der Gestalt intermediärer Zerlegungsprodukte, des Leucins, des Tyrosins oder anderer entsprechenden Körper zurückbleibt. Meine bisherigen Untersuchungen sind hauptsächlich darauf ausgegangen, die Bildung von Kohlensäure und Wasser bei der Ozonisation des Blutes zu constatiren; mittelst eines zu diesem

Behufe construirten Apparates habe ich allerdings ganz merkliche Resultate bekommen; so erhielt ich in einem Fall nach 2stündigem Hindurchleiten von circa 12 Maafs ozonisirter Luft durch 20 Ccm. Blut, das zuvor mittelst Wasserstoffbehandlung kohlensäurefrei gemacht worden war, 125, in einem anderen Falle 131 Mgr. Kohlensäure und eine approximative Berechnung ergab für diese Versuche eine Production von 15—20 Mgr. Wasser *). Da bereits durch ältere Versuche festgestellt ist,

*) Beiliegende Zeichnung wird, wie ich glaube, genügen, das Prinzip des angewendeten Apparates deutlich zu machen. *A* ist ein Aspirator mit Wasser gefüllt, der aus dem mit stark ozonisirter Luft gefüllten Ballon *B* den Inhalt nach der Richtung von *C*, *D* u. s. w. verdrängt; *C* ist eine Flasche mit Kalilösung, *D* ein Chlorcalciumrohr zur Reinigung der Luft von Kohlensäure und Wasserdampf, *E* enthält eine sammt dem Kölbchen gewogene Blutmenge, *F* und *H* sind wiederum Chlorcalciumröhren, *G* ein Kaliapparat, sämmtlich gewogen.



Die Gewichtszunahme von *G* + *H* ergiebt die gebildete Kohlensäure, während *F* das Verdampfungswasser enthält. Das Verbrennungswasser dagegen lässt sich beiläufig berechnen aus dem Verhältniss zwischen *G* + *H* und *E* + *F*. Ist nämlich die Gewichtsabnahme von *E* + *F* kleiner, als sie dem aus der Zunahme von *G* + *H* berechneten Verlust an Kohlenstoff nach sein müsste, so muss dies davon abhängen, dass mit Hinzunahme des durchströmenden Sauerstoffs in *E* Wasser sich gebildet hat.

dafs das Hindurchleiten von gewöhnlichem, nicht ozonisirtem Sauerstoff Kohlensäurebildung im Blute zur Folge hat, so wäre es durchaus wünschenswerth, genau vergleichende Untersuchungen zwischen beiden Behandlungsweisen anzustellen; leider stellen sich aber einem solchen Desiderate bedeutende technische Schwierigkeiten in den Weg, die für das Ozon wenigstens kaum überwindbar scheinen; einerseits nämlich greift dasselbe sehr rasch die Gummiröhren an, deren man sich zur Herstellung des Apparates bedient, hiedurch entstehen nicht nur Unregelmäfsigkeiten und Verluste im Gasstrom, sondern es scheint aufserdem das angegriffene Gummi selbst als Quelle der Kohlensäurebildung zu functioniren. Macht man die Verbindungen ganz von Glas statt von Gummi, so wird der Apparat so starr und brüchig, dafs er unbrauchbar ist. Eine andere Fehlerquelle für eine genaue Kohlensäurebestimmung liegt darin, dafs auch die Oelschicht, womit man des Schäumens halber das Blut bedecken mufs, durch das Ozon angegriffen wird und dann, wie mir dies entsprechende Versuche gezeigt haben, ebenfalls Kohlensäure entwickelt. — Mag dem sein, wie ihm will, so erscheinen selbst bei Berücksichtigung dieser Nebenumstände die oben angeführten Zahlen doch so bedeutend, dafs sie der Hauptsache nach völlig genügen können, die starken Verluste an festen Bestandtheilen zu erklären, die das Blut bei fortgesetzter Ozonbehandlung erleidet.

Bemerkenswerth sind die Ergebnisse, die die Behandlung des Blutserums mit ozonisirter Luft zu Tage bringt. Setzt man dasselbe in eine Flasche mit ozonisirter Luft, so absorbirt es das Ozon ziemlich rasch, indem es trübe wird. Nachdem das Sediment sich abgesetzt hat, zeigt sich die überstehende Flüssigkeit entfärbt und ihr Absorptionsvermögen für freies Ozon ist hienach ein weit geringeres. Filtrirt man sie vom Bodensatz ab und setzt sie erneuter Ozonwirkung aus, so entsteht eine abermalige Trübung, indefs viel schwächer als die erstmalige. Wiederholt man mit demselben Serum die Ozonbehandlung mehrfach, so wird das Absorptionsvermögen bald ein aufserordentlich träges, ja es erlischt wohl ganz, da selbst

nach Wochen der Ozongehalt mäfsig grofser Flaschen dadurch nicht zerstört wird. Niemals gelingt es aber, die Eiweifskörper ganz aus dem Serum auszufällen oder gar zu vertilgen, wie dies doch für das Gesammtblut der Fall ist. Wir haben somit in dieser Thatsache einen 2ten Beweis, dafs unter dem Einflufs des Blutkörpercheninhaltes Oxydationsprozesse eingeleitet werden können, die ohne sie nicht stattfinden.

Was den durch Schlagen gewonnenen frischen Faserstoff betrifft, so ist bereits von Anfang an sein Absorptionsvermögen für freies Ozon ein nur geringes und es bedarf selbst bei öfterem Schütteln doch vieler Stunden, um eine mäfsig grofse Flasche durch ihn des Ozones zu berauben.

Wenden wir uns nach Auseinandersetzung dieser Thatsachen nochmals zur Frage zurück, ob die Blutkörperchen im Stande seien, den der atmosphärischen Luft entnommenen Sauerstoff direct zu erregen, so können wir sie trotz der früher angeführten negativen Versuchsresultate doch nicht verneinen. Einerseits nämlich erklären sich jene negativen Versuche leicht aus dem Umstand, dafs zwischen Ozon und Blutkörperchen eine eminente Verwandtschaft besteht, dafs bei deren Zusammentritt jenes von diesen rasch zerstört wird und dafs sonach die Blutkörperchen, falls sie Ozonquellen sein können, wohl zunächst auch das erzeugte Ozon für sich selbst consumiren werden; andererseits aber mufs uns die platinähnliche, oxydationsbefördernde Wirkung der Blutkörperchen geneigt machen, denselben analog dem Platin auch ein Erregungsvermögen für den gewöhnlichen Sauerstoff zuzuschreiben. Eine besondere Berücksichtigung verdienen in dieser Hinsicht die Farbenverhältnisse des Blutes; wir haben oben mehrfach gesehen, dafs der ozonisirte Sauerstoff dem Blute eine dunkle Färbung ertheilt, indem er unmittelbar dessen Bestandtheile oxydirt; wenn nun zwar die an und für sich sehr plausible Ansicht, dafs auch die Farbe des venösen Blutes in erster Linie von einer Ozonisation des vom arteriellen Blute aufgenommenen Sauerstoffes herrühre, hiedurch nicht im Geringsten bewiesen ist, so ist doch soviel gewifs, dafs wir an der mehr oder minder dunklen Fär-

bung ein Kriterium haben, inwiefern wir in einem Blut die Ozonisation des aufgenommenen Sauerstoffs annehmen dürfen. Bleibt, um mich klarer auszudrücken, ein hellrothes Blut während einer gegebenen Zeit ohne seine Farbe zu ändern, so ist dadurch die Annahme ausgeschlossen, als ob während dieser Zeit sein Sauerstoff in den erregten Zustand übergegangen sei; wird es aber spontan dunkler, so bleibt es unserer Willkür anheimgestellt, dies einer vorgängigen Ozonisation seines Sauerstoffes und consecutiven Verbrennung seiner Bestandtheile zuzuschreiben. Im Organismus geht der Farbenwechsel des Blutes äufserst rasch vor sich; überläfst man dagegen ein frisch gewonnenes defibrinirtes und hellrothes Blut sich selbst, so bedarf es, je nach der äufseren Temperatur, einer wechselnden Zeit von 12—48 Stunden und darüber, bis es sich dunkel gefärbt hat; der Eintritt der dunklen Farbe wird wesentlich beschleunigt, wenn das Blut, durch eine Oelschicht von der äufseren Luft abgesperrt, auf circa 38° C. erwärmt wird; es nimmt alsdann schon nach 3—4 Stunden merklich die venöse Farbe an. Diese Zeit ist aber immer noch in keinem Verhältnifs zu derjenigen, welche der Organismus zum Farbenwechsel braucht, und wir können daraus entnehmen, dafs wenn wirklich das Venöswerden des Blutes von einer Ozonisation des in ihm enthaltenen Sauerstoffs abhängt, wir noch weit entfernt sind, mit dem Blut aufserhalb des Organismus alle jene Bedingungen erfüllt zu haben, deren es bedarf, um den Sauerstoff in den erregten Zustand überzuführen.

Nachtrag.

Basel, den 7. December 1856.

Die eigenthümliche Wirkung, die der Blutkörpercheninhalt auf den ozonisirten Sauerstoff ausübt, hängt, wie ich seitdem gefunden habe, vom Hämatin ab; bringt man rein dargestelltes

Hämatin zu einem Gemisch von Guajaktinctur mit ozonisirtem Terpentinöl, so tritt binnen Kurzem eine intensive Bläuung ein; noch rascher erfolgt die Bläuung bei Zusatz von gelöstem Hämatin; indefs darf die Lösung weder freie Schwefelsäure, noch freies Alkali in bedeutendem Ueberschufs enthalten, sondern diese müssen zuvor gesättigt werden, wenn die Wirkung intensiv eintreten soll.
